

Vrata do budovy

Building Entrance Gate

Student: Lukáš Hrušovský
Vedoucí bakalářské práce: Ing. Tadeáš Szlachta, Ph.D.

Ostrava 2012

Mistopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

podpis studenta

Zadání bakalářské práce

Student: Lukáš Hrušovský
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2302R010 Konstrukce strojů a zařízení
Specializace: 40 Konstrukce strojních dílů a skupin
Téma: Vrata do budovy
Building Entrance Gate

Zásady pro vypracování:

1. Navrhněte vrata do budovy autodopravy, kde zajišťují nákladní vozidla:
 - maximální výška vozidla 2,8 m.
 - maximální šířka vozidla 2,40 m.
 - požaduje se jednoduchá manipulace při otevírání vrat.
2. Proveďte přehled možných řešení, výběr varianty, zdůvodnění a návrh.
3. Nakreslete sestavný výkres a vybraný výrobní výkres.
4. Minimální rozsah práce bez příloh je 35 stran.

Seznam doporučené odborné literatury:

1. DEJL, Z. *Konstrukce strojů a zařízení 1. Spojovací části strojů. Návrh. Výpočet. Konstrukce.* Montanex a.s. Ostrava, 2000. ISBN 80-7225-018-3.
2. MORAVEC, V., HAVLÍK, J. *Výpočty a konstrukce strojních dílů. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2005.* ISBN 80-240-0070-1.
3. KATÁB, K. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře: Části spojovací. 1. vyd.* Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007. 51 s. Dotisk 1. vyd. 2008. ISBN 978-80-240-1290-0.
4. LEINVEBER, J., VÁVRA, P. *Strojnické tabulky. 3. doplněné vydání.* Albra, 2006. ISBN 80-7361-033-7.
5. KRÍZ, R., VÁVRA, P. *Strojnická příručka. Praha 1993-1998, 8 svazků, 1. vydání.*
6. Normy, firemní katalogy a prospekty.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Tadeáš Szlachta, Ph.D.

Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012

prof. Dr. Ing. Miloš Němček
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Prohlašuji, že:

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevydělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě

Podpis

Adresa trvalého pobytu studenta:
Bystřička 35
756 24 Bystřička
Okr. Vsetín

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

HRUŠOVSKÝ, L.

Vrata do budovy. Ostrava: katedra částí a mechanismů strojů,
Fakulta strojní, VŠB – Technická univerzita
Ostrava, 2012, 44 stran.
Bakalářská práce, vedoucí práce: Szlachta, T.

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem vrat do budovy autodopravy, kde zajišťují nákladní vozidla. Prvním krokem je možný přehled konstrukcí jednotlivých vrat, následný výběr a odůvodnění výběru jednoho typu vrat. Jako nejvýhodnější se jeví, vrata posuvná. Dalším krokem je, pro zvolený typ vrat, o maximálních rozměrech omezených zadáním, kterými jsou výška vozidla a šířka vozidla, navrhnout základní prvky vrat. Mezi základní navrhované a následně kontrolované komponenty vrat byly v této práci zařazeny prvky, jako pojezdové kola, nosná kolejnice, čep na závěsu vrat, svary na konzole a pohon vrat.

ANNOTATION OF BACHELOR WORK

HRUŠOVSKÝ, L.

Building Entrance Gate. Ostrava: Department of Machine
Parts and Mechanisms, Faculty of Mechanical Engineering,
VŠB – Technical University of Ostrava 2012, 44 pages.
Bachelor Work, head: Szlachta, T.

This bachelor work deals with trucking door to the building where the trucks are passing. The first step is to review the possible structure of each gate and the subsequent selection and rationale for selection of one type of gate. As the best has shown the sliding doors. The next step is for the selected type of gates, the maximum size limit by specifying which are the vehicle height and width of the vehicle, suggesting the essential elements of the door. Basic design and door components are controlled in this study included elements such as castor wheels, carrier rails, the door hinge pin, welds on the console and the drive of the door.

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Tadeášovi Szlachtovi, Ph.D. za jeho čas, trpělivost a ochotu poskytnout mi cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

- 5 -

Obsah

Obsah

| | |
|--|------|
| 1. Úvod | 11 - |
| 2. Průzkum trhu..... | 12 - |
| Tab. 2.1 Volba vrat | 14 - |
| 3. Stanovení základních rozměrů vrat | 16 - |
| 4. Určení hmotnosti vrat | 17 - |
| 4.1 Stanovení polohy těžiště | 17 - |
| 4.2 Volba rychlosti posuvu vrat | 18 - |
| 5. Návrh a kontrola pojezdových kol | 19 - |
| 5.1 Stanovení reakcí v pojezdových kolech..... | 20 - |
| 5.2 Výpočet otáček ložiska..... | 21 - |
| 5.3 Volba ložisek | 21 - |
| 5.4 Statická kontrola..... | 22 - |
| 5.5 Dynamická kontrola..... | 23 - |
| 6. Návrh a kontrola nosné kolejnice..... | 24 - |
| 6.1 Výpočet reakcí v podpěrách kolejnice | 25 - |
| 6.2 Výpočet maximálního ohybového momentu | 25 - |
| 6.3 Výpočet ohybového napětí profilu-U..... | 26 - |
| 6.4 Výpočet ohybového napětí na patce C-profilu | 27 - |
| 6.5 Výpočet průhybové čary, posunutí a natočení | 29 - |
| 7. Kontrola čepu na závěsu vrat | 30 - |
| 7.1 Kontrola čepu na ohyb | 31 - |
| 7.2 Kontrola čepu na měrný tlak..... | 31 - |
| 8. Kontrola svaru na konzole | 33 - |
| 9. Volba pohonu vrat | 35 - |
| 10. Stanovení zatížení větru podle ČSN EN 1991-1-4 | 36 - |
| 10.1 Tlak větru na konstrukce | 36 - |
| 10.2 Maximální hodnota dynamického tlaku větru na konstrukci | 36 - |
| 10.3 Síla od větru..... | 38 - |

- 7 -

| | |
|--|------|
| 10.4 Výsledná zatěžující síla na jednom pojezdovém kole | 39 - |
| 10.5 Třecí síla na jednom pojezdovém kole za vlivu větru..... | 40 - |
| 10.6 Třecí síla na jednom pojezdovém kole bez vlivu větru..... | 40 - |
| 10.7 Kontrola pohonu..... | 41 - |
| 11. Závěr | 42 - |

- 8 -

Seznam použitého označení

| | | |
|---------------------|----------------------|--|
| G | [N] | Tíha vrat |
| R _A | [N] | Reakce v ložisku A |
| R _B | [N] | Reakce v ložisku B |
| R _L | [N] | Reakce v ložisku |
| D _k | [mm] | Průměr pojezdové kola |
| C _o | [kN] | Statická únosnost ložiska |
| P _o | [N] | Ekvivalent statického zatížení ložiska |
| L ₁₀ | [milión ot] | Základní trvanlivost ložiska |
| L _{10h} | [hod] | Základní trvanlivost ložiska |
| M _{0max} | [Nm] | Maximální ohybový moment na nosné kolejnici |
| R _{Ap} | [N] | Reakce v podpoře A |
| R _{Bp} | [N] | Reakce v podpoře B |
| R _p | [N] | Reakce v podpoře |
| H | [mm] | Šířka C-profilu |
| B | [mm] | Výška C-profilu |
| M _{0maxp} | [Nm] | Maximální ohybový moment na patce C-profilu |
| R _{Ax} | [N] | Reakce ve vetknutí v ose x |
| R _{Ay} | [N] | Reakce ve vetknutí v ose y |
| M _{RA} | [Nm] | Momentová reakce |
| R _θ | [MPa] | Mez kluzu |
| W _θ | [mm ⁻²] | Modul průřezu v ohybu |
| M _θ | [Nm] | Ohybový moment |
| F | [N] | Síla působící na čep |
| E | [MPa] | Průřezový modul |
| J | [mm ⁴] | Moment setrvačnosti |
| J _z | [mm ⁴] | Kvadratický moment průřezu svaru |
| F _w | [N] | Síla od větru |
| A _{navetr} | [mm ²] | Návětrná plocha vrat |
| F _v | [N] | Výsledná síla zahrnující sílu větru a tíhu vrat |
| F _{t1} | [N] | Třecí síla za působení síly větru |
| F _{t1v} | [N] | Výsledná třecí síla za působení větru na čtyři kola |
| F _{t2} | [N] | Třecí síla bez působení síly větru |
| F _{t2v} | [N] | Výsledná třecí síla bez působení větru na čtyři kola |
| F _p | [N] | Síla pohonu |
| S _{svar1} | [mm ²] | Plocha svaru |
| m | [kg] | Hmotnost vrat |
| g | [ms ⁻²] | Tíhové zrychlení |
| x _T | [mm] | x-ová souřadnice těžiště |
| y _T | [mm] | y-ová souřadnice těžiště |
| v | [ms ⁻¹] | Rychlost vrat |
| t | [s] | Čas potřebný k otevření vrat |
| x _i | [mm] | Vzdálenost mezi pojezdovými koly |
| n | [min ⁻¹] | Otáčky ložiska |
| S _o | [-] | Statická bezpečnost |
| x _p | [mm] | Vzdálenost mezi podpěrami |
| a | [mm] | rozměr C- profilu |
| b | [mm] | rozměr C-profilu |
| c | [mm] | rozměr C-profilu |
| t | [mm] | tloušťka C-profilu |
| h | [mm] | rozměr C-profilu |
| K _s | [-] | Součinitel statické bezpečnosti |
| V _θ | [mm ²] | Castiglianova metoda posunutí |
| l | [mm] | Délka vetknutí |

- 9 -

| | | |
|-----------------------------|----------------------|---|
| h | [mm] | Tloušťka vetknutí |
| e | [mm] | Délka působení tlaku |
| f | [mm] | Délka působení talku |
| p ₁ | [MPa] | Měrný tlak |
| p ₂ | [MPa] | Měrný tlak |
| a _s | [mm] | Sklopený nosný průřez svaru |
| l ₁ | [mm] | Délka svaru |
| l ₂ | [mm] | Délka svaru |
| q _θ | [MPa] | Základní dynamický tlak větru |
| v _θ | [ms ⁻¹] | Rychlost větru |
| q _p | [MPa] | Maximální dynamický tlak větru |
| c _θ (z) | [-] | Součinitel expozice |
| c _z | [-] | Součinitel síly pro prvky obdélníkového tvaru |
| k _s | [-] | Převodní součinitel koutového svaru |
| σ _o | [MPa] | Ohybové napětí |
| σ _{Dov} | [MPa] | Dovolené ohybové napětí |
| φ _b | [mm2] | Castiglianova metoda natočení |
| Ød | [mm] | průměr čepu |
| τ _L ¹ | [MPa] | Ohybové napětí ve svaru |
| τ _L ² | [MPa] | Ohybové napětí ve svaru |
| σ _{red} | [MPa] | Redukované napětí ve svaru |
| β | [-] | Součinitel tloušťky koutového svaru |
| ρ | [kgm ⁻³] | Hustota větru |
| ξ | [-] | Součinitel valivého tření ocel na ocel |

- 10 -

1. Úvod

Účel vrat do budovy je uzavírání nejrůznějších prostorů, jako jsou např. vjezdy do skladových hal, garáží a vjezd do autodopravy apod. Další účel, který musí vrata splňovat je ochrana majetku před vniknutím cizích osob, tzn. dostatečné zajištění vrat bezpečnostními prvky. Vrata plní i tepelně izolační ochranu a v neposlední řadě také estetická stránka vrat je důležitá.

V dnešní době je čím dál víc vzácnější čas. Doba je uspěchaná a času není nikdy dost. Z tohoto důvodu se vrata musí jednoduše a rychle ovládat, k tomu slouží nejrůznější dálkové ovládání, čidla a snímače apod., jež by neměly být náročné na obsluhu

Vlastní provedení vrat může být velmi různorodé. Dá se říct, že každá změna jakéhokoliv prvku vrat vzniká jiný typ vrat.

2. Průzkum trhu

Vrata dělíme do více skupin, které se odlišují typem provedení.

Vrata dělená podle typu provedení: výklopná, rolovací, sekční, posuvná, dvoukřídla

Výklopná vrata: Tato vrata mají masivní a velmi trvanlivou konstrukci, kterou tvoří rám a vratové křídlo, vyrobené nejčastěji z ocelového pozinkovaného plechu nebo ze dřeva, které se celé pomocí tažných pružin vyklápá a zasouvá pod strop garáže. Rám vrat tvoří zárubeň a prahový profil. Průjezd stavebním otvorem je neuzúžený a bez nadpraží. Vrata jsou většinou nezateplená s možností dodatečného zateplení. Vrata lze vyrobit až do šířky 5,5m. Výklopná garážová vrata lze montovat do otvoru i za otvor garáže [3].



Obr. 2.1 Výklopná vrata [4]

Rolovací vrata lze namontovat na jakýkoliv otvor. Při konstrukci rolovacích vrat je prvořadá úspora místa. Skládají se z cca 7cm lamel, které se navíjí na hřídel do nadpraží. Dají se instalovat před otvor i přímo do otvoru garáže. Podmínkou pro jejich montáž je minimální prostor 10cm po stranách otvoru, při instalaci vrat s elektrickým pohonem musí mít nadpraží minimálně 12cm. Jsou kompletně vyrobená z hliníku o různé síle, proto nekorodují. Nejčastěji se využívají pro uzavírání garáže, lze je použít i k předělení prostoru. [2].



Obr. 2.2 Rolovací vrata [4]

- 11 -

- 12 -

Sekční vrata jsou složena ze sendvičových panelů z žárově zinkovaného ocelového plechu, v tloušťkách od 20 do 45mm, nalakovaného plastovou barvou a opatřené celo obvodovým těsněním. Pomocí torzních pružin zajišťují ve vodicích kolejkách pod strop. V případě zateplení jsou sekce vyplněny PUR pěnou bez freonů. Veškeré příslušenství je obvykle proti korozi chráněné žárovým zinkováním. Vrata se otevírají svisle a jednotlivé sekce zajišťují pod strop ve vodicích drahách. Váhu vrat vyvažují tažené nebo torzní pružiny ve většině případů vybavené pojistkou proti přetržení. [3].



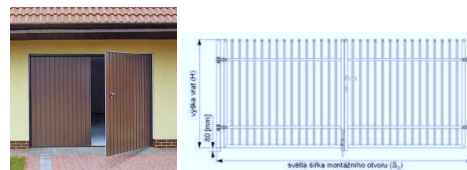
Obr. 2.3 Rolovací vrata[4]

Posuvná vrata je možno otevřít pouze částečně, v garáži zabírají prostor pouze vedle stěn a ostatní prostor může být plně využit. Pojezd je vybaven kladkami a pojezdovou dráhou v horní části, vodicími kolečky a spodní pojezdovou kolejkou ve spodní části vrat. Vrata se standardně montují za otvor do vnitřního prostoru garáže. V některých případech (za použití speciální konstrukce) lze vrata namontovat i do otvoru garáže. Dojde však ke zmenšení světlé průjezdni šířky i výšky. Při použití dálkového ovládání je otevírání rychlé a bezpečné [3].



Obr. 2.4 Posuvná vrata [4]

Dvoukřídla vrata se vyrábějí většinou nezateplená, je možné je dodatečně zateplit polystyrénem. Skládají se z rámu o šířce 5 až 10cm - podle výrobce, na kterém jsou na pantech zavěšena křídla vyrobená z pozinkovaného trapézového plechu. Někteří výrobci dodávají vrata s rámem ve tvaru písmene L, vhodným k zabetonování, nebo s uzavřeným profilem, který tvoří práh. Vrata lze montovat pouze do vstupního otvoru garáže [4].



Obr. 2.5 Dvoukřídla vrata [4]

Tab. 2.1 Volba vrat

| Druh vrat | Výhody | Nevýhody |
|-----------|--|--|
| Výklopná | Odolnost proti povětrnostním vlivům | Po montáži se zúží průjezd |
| | Minimální požadavky na výšku překladu | Pokud je garáž nízká může vadit vodicí lišta vrat |
| | Lze je otevřít i při výpadku elektrického proudu | Mají nižší tepelně izolační vlastnosti |
| | Minimální údržba | Potřeba volného prostoru před garáží pro vyklopení |
| Rolovací | | Nutné závěsné zařízení pod stropem |
| | Není nutné závěsné zařízení | Mají vysokou pořizovací cenu, |
| | Zabírají minimum místa | Nejsou určeny pro vysoké provozní zatížení a jsou náročné na údržbu |
| | otevírají se kolmo vzhůru a nezabírají před garáží žádný prostor | Jsou vhodná spíše pro jedno garážové stání |
| | Vysoká odolnost proti povětrnostním vlivům | Elektrický pohon není možno namontovat dodatečně |
| | | Menší odolnost vůči násilnému vniknutí |
| | | Vyšší náročnost řešení nouzového otevírání v případě garáže bez bočního vchodu |

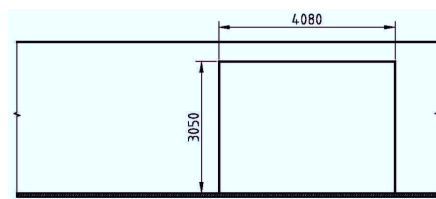
Tab. 2.1 Volba vrat

| | | |
|------------|---|--|
| Sekční | Jsou univerzální a vhodná téměř pro všechny garážové otvory | Při nízké výšce garáže může vadit vodicí dráha vrat |
| | Mají vynikající tepelně izolační vlastnosti | Montáž se provádí zevnitř garáže a proto je vždy vidět celé ostění |
| | Jsou určeny pro vysoké provozní zatížení | Montáž možná pouze za otvor |
| | Mají vysokou provozní spolehlivost | Možné snížení výšky průjezdu |
| | Nízká hlučnost | |
| Posuvná | Mají vysokou provozní spolehlivost | mají horší tepelně izolační vlastnosti |
| | Jsou použitelná téměř pro všechny garážové otvory | montáž se provádí zevnitř a proto je vidět celé ostění |
| | Nízké nároky pro nadpraží garáže | Vyšší nároky na údržbu spodní kolejkice |
| | Odolnost proti povětrnostním vlivům | |
| Dvoukřídla | Vrata možno vyrobit až do šířky 5,5 m | |
| | Mají velkou provozní spolehlivost | Při nedostatečném zajištění hrozí nebezpečí poškození vozidla nebo křídla vrat |
| | Jsou určena pro vysoké provozní zatížení | Nelze parkovat hned za vrata |
| | Jsou vhodná pro novostavby i dodatečnou montáž | Prostor za vrata nesmí být do svahtu |

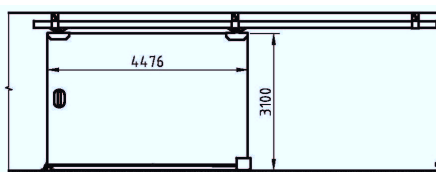
Po porovnání všech druhů vrat jsem zvolil, že tato práce se bude zabývat vrata posuvnými. Tyto vrata jsou z hlediska konstrukce spolehlivá. V tab. 2.1 je také vidět že tyto vrata mají nejvíce výhod.

3. Stanovení základních rozměrů vrat

Při návrhu těchto vrat mám dle zadání několik omezení. Maximální výšku vozidla 2800[mm] a maximální šířku 2480[mm]. Konečná průjezdová šířka bude větší o minimální průchodovou šířku 800[mm]. Je zřejmé, že tuto minimální průchodovou šířku musíme přičíst k maximální šířce vozidla dvakrát. K maximální výšce vozidla jsem přičetl 250[mm], z důvodu bezpečného najíždění nákladních aut do budovy. Konečné rozměry vrat a průjezdového otvoru jsou znázorněny na obr. 3.1 a obr. 3.2 je zřejmé, že vrata budou větší než průjezdová šířka a výška. Prvním krokem při návrhu vrat je rozbor působících sil na vrata. Pro silový rozbor je zapotřebí znát hmotnost vrat, polohu těžiště a následně vyjádřit reakce.



Obr.3.1 Velikost průjezdové šířky a výšky otvoru



Obr. 3.2 Šířka a výška vrat

4. Určení hmotnosti vrat

Svařený rám vrat je tvořen z profilu TR 4HR 50x2 – 4480 ČSN 42 5720 a TR 4HR 50x2-3050 ČSN 42 5720.
Pohledová část vrat je tvořena z plechu PLECH 2x3050x4050 ČSN 42 5315.
Volené normalizované profily jsou stanoveny z [1].

Pomocí [9] je stanovena hmotnost vrat $m = 481,36[kg]$.

Tato hmotnost je jen orientační jsou zanedbány některé parametry, které by mohly hmotnost vrat změnit např. rozměry hřebene a madlo.

Z výše uvedených důvodů tedy zaokrouhlím vrata na vyšší hmotnost.

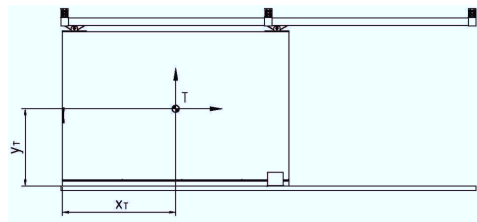
Dále je tedy uvažováno s hmotností vrat $m = 490[kg]$.

Pro další výpočty je zapotřebí znát tíhu vrat, kterou určíme ze vztahu

$$G = m \cdot g = 490 \cdot 9,81 = 4806,9[N] \quad (3.1)$$

Dále je uvažováno s tíhou vrat $G = 4807[N]$.

4.1 Stanovení polohy těžiště



Obr. 4.1 poloha těžiště

Legenda k obr. 2.1

$$x_T = 2240[mm]$$

$$y_T = 1525[mm]$$

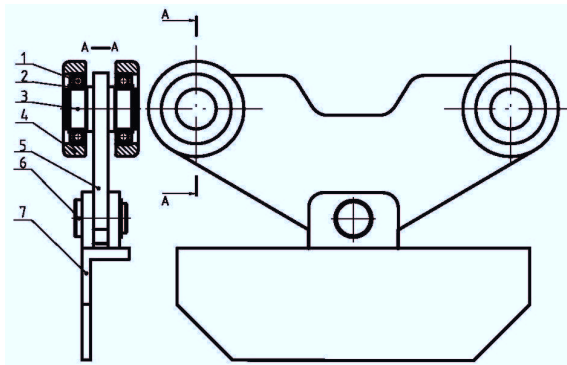
- 17 -

4.2 Volba rychlosti posuvu vrat

Volím rychlost posuvu vrat $v = 0,3[m \cdot s^{-1}]$. Vrata se plně otevrou, tedy v délce 4480[mm] za dobu $t=15[s]$. Tuto rychlost volím s ohledem na optimální dobu otevírání, která není dlouhá a ani krátká.

- 18 -

5. Návrh a kontrola pojezdových kol



Obr. 5.1 pojezdové kolo

Legenda k obr 5.1

1 – Ložisko

2 – Pojistný kroužek

3 – Čep jezdc

4 – Pojezdové kolo

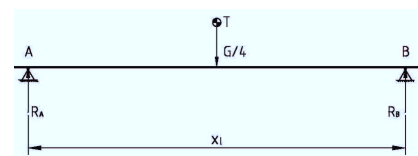
5 – Stojan jezdc

6 – Čep

7 – Držák vrat

5.1 Stanovení reakcí v pojezdových kolech

Při výpočtu reakcí v pojezdových kolech je uvažováno pouze s tíhou vrat. Jak je vidět z obr. 3.2 pojezdové kolo má na obou čepích dvě kola, proto se při silovém rozboru rozloží síla na všechny čtyři kola. Z tohoto důvodu je tíha vrat $G = 4807 / 4$. Reakce stanovují v poloze vrat, která jsou v klidu.



Obr. 5.2 Schéma zatížení pojezdových kol

Legenda k obr. 5.2

$$x_l = 3607[mm]$$

$$G = 4807[N]$$

Výpočet reakcí ložisek v pojezdových kolech v bodě A a B

$$\begin{aligned} \sum M_i^A &= 0: \\ -\frac{G}{4} \cdot \frac{x_l}{2} + R_B \cdot x_l &= 0 \\ R_B &= \frac{\frac{G}{4} \cdot \frac{x_l}{2}}{x_l} = \frac{4807 \cdot 3607}{3607 \cdot 2} = 601,5[N] \end{aligned} \quad (5.1)$$

$$\begin{aligned} \sum F_i^x &= 0 \\ R_A - \frac{G}{4} + R_B &= 0 \\ R_A &= \frac{G}{4} - R_B = \frac{4807}{4} - 601,5 = 601,5[N] \end{aligned} \quad (5.2)$$

Dále je uvažováno s reakcí $R_l = 601,5N$.

- 19 -

- 20 -

5.2 Výpočet otáček ložiska

Otáčky ložiska lze vypočítat ze vztahu

$$v = \omega \cdot \frac{D_k}{2} = \frac{\pi \cdot n \cdot D_k}{60} \Rightarrow$$

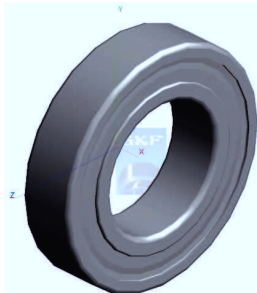
$$n = \frac{60 \cdot v}{\pi \cdot D_k} = \frac{60 \cdot 0,3 \cdot 10^3}{\pi \cdot 127} = 45,1 [\text{min}^{-1}] \quad (5.3)$$

Rychlost posuvu vrat $v = 0,3 [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}]$ byla zvolena v kapitole 3.2

Dále je uvažováno s otáčkami $n = 45 [\text{min}^{-1}]$.

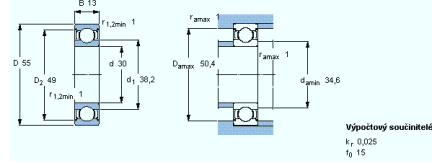
5.3 Volba ložisek

Z důvodu prašného prostředí volím ložiska s oboustranným zakrytím, které chrání ložisko před nečistotami. Další výhodou těchto ložisek je, minimální údržba tyto ložiska jsou naplněna celoživotní náplní maziva již z výroby. Ložisko volím od firmy SKF.



Obr. 5.3 Ložisko 6006-2Z [5]

| Kuličková ložiska, jednořadá, krytá na obou stranách | | | | | | | | | |
|--|----|-----------|----------|----------|------------------|-------------------------------------|-------|-------|----------|
| Informace o výrobku | | | | | | | | | |
| Hlavní rozměry | | Únosnost | Únosnost | Meznní | Připustné otáčky | Tolerance, viz rovněž text | | | |
| | | dynamická | statická | únosnost | Referenční | Radání vnější vlny, viz rovněž text | | | |
| | | | | zátížení | otáčky | Doporučená úsklení | | | |
| | | | | P_0 | | Tolerance hrloze a tělesa | | | |
| | | | | | | Hmotnost | | | |
| | | | | | | Označení | | | |
| | | | | | | * - Ložisko SKF Explorer | | | |
| d | D | B | C | C_0 | P_0 | n | k_0 | f_0 | |
| mm | mm | mm | mm | kN | kN | min^{-1} | kg | | |
| 30 | 55 | 13 | 13,8 | 8,3 | 0,355 | 28000 | 14000 | 6,12 | 6006-2Z* |



Obr. 5.4 Parametry ložiska [5]

5.4 Statická kontrola

Statická kontrola se provádí pro ložisko, které je v klidu, netočí se a je zatíženo. Ložisko, které se otáčí otáčkami menšími než $10 [\text{min}^{-1}]$ se také kontroluje staticky. Ložisko je zatíženo radiální silou $F_r = R_L = 601 [\text{N}]$.

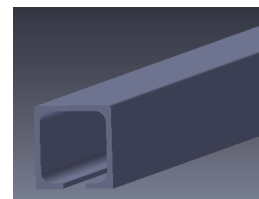
Výpočet statické bezpečnosti ložiska

$$s_s = \frac{C_0}{P_0} = \frac{8,3 \cdot 10^3}{601} = 13,8 [-] \quad (5.4)$$

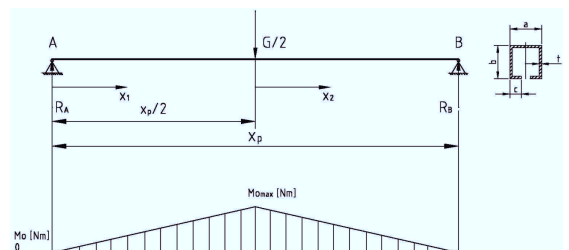
Za předpokladu, že na ložisko je požadavek, aby pracovalo, v tichém chodu je orientační hodnota součinitele statické bezpečnosti $s_s = 2 [-]$ [2]. Jak je zřejmé ze vztahu (5.4) vypočtený součinitel bezpečnosti je několikrát větší než orientační z toho vyplývá, že ložiska vyhovují.

6. Návrh a kontrola nosné kolejnice

Kolejnice je tvořena z C profilu 140x147x10. Kontrola ohybového napětí bude prováděna na profilu-U. Patky profilu-C se budou kontrolovat zvlášť jako vetknutý nosník.



Obr. 6.1 Model kolejnice



Obr. 6.2 Průběh ohybového momentu

Legenda k obr. 6.2

$x_p = 3607 [\text{mm}]$

$G = 4807 [\text{N}]$

$M_{0\text{max}} = 2167,8 [\text{Nm}]$

$a = 140 [\text{mm}]$

$b = 147 [\text{mm}]$

$c = 50 [\text{mm}]$

$t = 10 [\text{mm}]$

6.1 Výpočet reakcí v podpěrách kolejnice

$$\sum M_i^A = 0:$$

$$-\frac{G}{2} \cdot \frac{x_p}{2} + R_B \cdot x_p = 0 \quad (6.1)$$

$$R_{Bp} = \frac{\frac{G}{2} \cdot \frac{x_p}{2}}{x_p} = \frac{4807}{2} \cdot \frac{3607}{3607} = 1201,75 N$$

$$\sum F_i^y = 0:$$

$$R_A - \frac{G}{2} + R_B = 0 \quad (6.2)$$

$$R_{Ap} = \frac{G}{2} - R_B = \frac{4807}{2} - 1201,75 = 1201,75 N$$

Dále je uvažováno s reakcí $R_p=1202N$.

6.2 Výpočet maximálního ohybového momentu

$$M_{(A)} = 0$$

$$M_{(x_1)} = R_A \cdot x_1$$

$$M_{\left(\frac{x_p}{2}\right)} = R_A \cdot \frac{x_p}{2} = 1202 \cdot \frac{3607}{2} = 2167,8 Nm \quad (6.3)$$

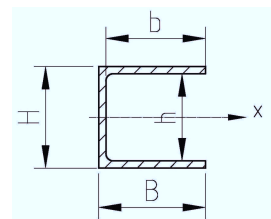
$$M_{(x_2)} = R_A \cdot \left(\frac{x_p}{2} + x_2\right) - \frac{G}{2} \cdot x_2$$

$$M_{(x_p)} = R_A \cdot x_p - \frac{G}{2} \cdot \frac{x_p}{2} = 0 \quad (6.4)$$

Maximální ohybový moment $M_{o_{max}}=2167,8Nm$.

- 25 -

6.3 Výpočet ohybového napětí profilu-U



Obr. 6.3 U-profil

Legenda k obr. 6.3

H= 140 [mm]

B= 147 [mm]

h= 120 [mm]

b= 137 [mm]

$$\sigma_o = \frac{M_{o_{max}}}{W_o} \leq \sigma_{Dov}$$

$$\sigma_o = \frac{2167,8}{1,98 \cdot 10^{-4}} = 10,9 \cdot 10^6 Pa = 10,9 MPa \quad (6.5)$$

$$W_o = \frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3}{6 \cdot H} = \frac{0,147 \cdot 0,140^3 - 0,137 \cdot 0,120^3}{6 \cdot 0,140} = 1,98 \cdot 10^{-4} m^3$$

Součinitel statické bezpečnosti

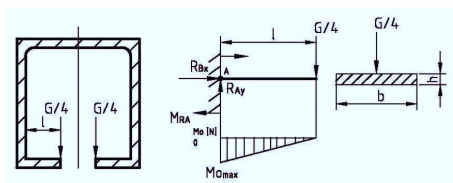
Mez kluzu v ohybu $R_e=180MPa$ pro materiál 11 343. Součinitel statické bezpečnosti pro ocel $k_s=1,7 \pm 2$. [1].

$$k_s = \frac{R_e}{\sigma_o} = \frac{180}{10,9} = 16,5 [-] \quad (6.6)$$

Jak je vidět ze vztahu (5.6) součinitel statické bezpečnosti vyšel několikrát větší, než doporučené hodnoty. Lze tedy konstatovat, že profil-U vyhovuje statické bezpečnosti

- 26 -

6.4 Výpočet ohybového napětí na patce C-profilu



Obr. 6.4 Průběh ohybového napětí na vetknutém nosníku

Legenda k obr. 6.4

G= 4807 [N]

l= 0,040 [m]

$M_{o_{max}} = -48$ [Nm]

h= 0,010 [m]

b= 0,120 [m]

Výpočet reakcí ve vetknutí

$$\sum F_i^x = 0:$$

$$R_{Ax} = 0 [N]$$

$$\sum F_i^y = 0:$$

$$R_{Ay} - \frac{G}{4} = 0$$

$$R_{Ay} = \frac{G}{4} = \frac{4807}{4} = 1201,75 [N]$$

$$\sum M_i^A = 0:$$

$$M_{RA} + \frac{G}{4} \cdot l = 0 \quad (6.7)$$

$$M_{RA} = -\frac{G}{4} \cdot l = -\frac{4807}{4} \cdot 40 = -48070 [Nmm]$$

- 27 -

Výpočet maximálního ohybového moment

$$M_{o(A)} = M_{RA} = -48 [Nm] \quad (6.8)$$

$$M_{o(x_1)} = M_{RA} + R_{Ay} \cdot x_1$$

$$M_{o(l)} = R_{Ay} \cdot l + M_{RA} = 1201,75 \cdot 0,040 + (-48) = 0 [Nm]$$

Maximální ohybový moment $M_{o_{max}} = -48$ [Nm].

Ohybové napětí

$$\sigma_o = \frac{M_{o_{max,p}}}{W_o} \leq \sigma_{Dov}$$

$$\sigma_o = \frac{M_{o_{max,p}}}{\frac{bh^2}{6}} = \frac{48}{\frac{0,120 \cdot 0,010^2}{6}} = 24 \cdot 10^6 Pa = 24 MPa \quad (6.9)$$

Součinitel statické bezpečnosti

Mez kluzu v ohybu $R_e=180MPa$ pro materiál 11 343. Součinitel statické bezpečnosti pro ocel $k_s=1,7 \pm 2$. [1].

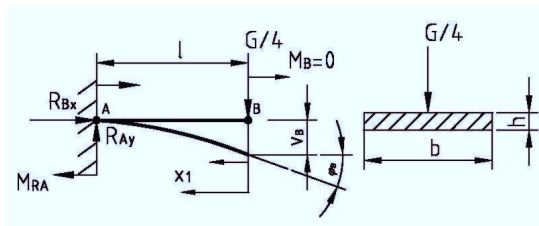
$$k_s = \frac{R_e}{\sigma_o} = \frac{180}{24} = 7,5 [-] \quad (6.10)$$

Jak je vidět ze vztahu (5.10) součinitel statické bezpečnosti vyšel větší jak doporučené hodnoty. Lze tedy konstatovat, že nosník vyhovuje.

- 28 -

6.5 Výpočet průhybové čáry, posunutí a natočení

Posunutí a natočení jsem počítal pro vybraný element kolejnice v šířce 120mm.



Obr. 6.5 Schéma průhybu nosníku [6]

Castiglianova metoda posunutí [6]

$$v_B = \frac{1}{E \cdot J} \cdot \int_0^l M_{(x_1)} \cdot \frac{\partial M_{(x_1)}}{\partial \frac{G}{4}} dx_1$$

$$M_{(x_1)} = -\frac{G}{4} \cdot x_1$$

$$\frac{\partial M_{(x_1)}}{\partial \frac{G}{4}} = -x_1$$

$$v_B = \frac{1}{E \cdot J} \cdot \int_0^l \left(-\frac{G}{4} \cdot x_1 \right) \cdot (-x_1) dx_1 = \frac{G}{3 \cdot E \cdot J} \cdot \frac{l^3}{3} = \frac{4807 \cdot 40^3}{3 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 10000} = 1,2 \cdot 10^{-2} [mm^2]$$

Castiglianova metoda natočení [6]

$$\varphi_B = \frac{1}{E \cdot J} \cdot \int_0^l M_{(x_1)} \cdot \frac{\partial M_{(x_1)}}{\partial M_B} dx_1$$

$$M_{(x_1)} = -\frac{G}{4} \cdot x_1 - M_B$$

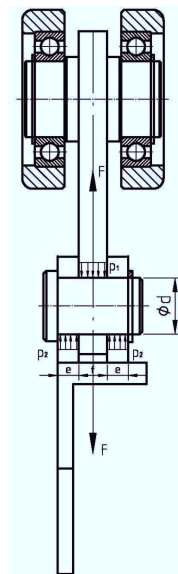
$$\frac{\partial M_{(x_1)}}{\partial M_B} = -1$$

$$\varphi_B = \frac{1}{E \cdot J} \cdot \int_0^l \left(-\frac{G}{4} \cdot x_1 \right) \cdot (-1) dx_1 = \frac{G}{2 \cdot E \cdot J} \cdot \frac{l^2}{2} = \frac{4807 \cdot 40^2}{2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 10000} = 4,5 \cdot 10^{-4} [mm^2]$$

Posunutí kolejnice $v_B = 1,2 \cdot 10^{-2} [mm^2]$ je na elementu kolejnice, který je pod pojezdovým kolem nepatrný a natočení $\varphi_B = 4,5 \cdot 10^{-4} [mm^2]$ je taktéž nepatrné.

7. Kontrola čepu na závěsu vrat

Uvažuji, že na čep působí polovina tíhy vrat $G=4807/2$ [N], protože vrata mají dva závěsy. Síla se tedy rozloží do obou rovnoměrně.



Obr. 7.1 Schéma působení sil a tlaků na čep

Legenda k Obr. 7.1

$$G/2=F= 2403,5 [N]$$

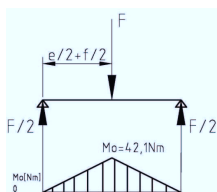
$$e= 15 [mm]$$

$$f= 20 [mm]$$

$$\varnothing d= 40 [mm]$$

7.1 Kontrola čepu na ohyb

Volím materiál čepu 11 343. Mez kluzu materiálu je $R_e=180$ [MPa]. Součinitel statické bezpečnosti $k_s=1,7[-]$. Tyto normalizované hodnoty volím z [1].



Obr.7.2 Schéma průběhu ohybového momentu

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} \leq \sigma_{Dov}$$

$$\sigma_o = \frac{F \cdot \left(\frac{e}{2} + \frac{f}{2} \right)}{\frac{\pi \cdot d^3}{32}} = \frac{2403,5 \cdot \left(\frac{15}{2} + \frac{20}{2} \right)}{\frac{\pi \cdot 40^3}{32}} = 6,7 [MPa] \quad (7.1)$$

$$\sigma_{Dov} = \frac{R_e}{k_s} = \frac{180}{1,7} = 105,9 [MPa]$$

$$\sigma_o \leq \sigma_{Dov} \quad 6,7 [MPa] \leq 105,9 [MPa] \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

7.2 Kontrola čepu na měrný tlak

Dovolený měrný tlak volím $p_0= 100$ [MPa] pro materiál 11 343 [2].

$$p_1 \leq p_D$$

$$\frac{F}{f \cdot d} \leq p_D$$

$$p_1 = \frac{2403,5}{20 \cdot 40} = 3 [MPa]$$

$$p_1 \leq p_D$$

$$3 [MPa] \leq 100 [MPa] \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$p_2 \leq p_D$$

$$\frac{F}{e \cdot d} \leq p_D$$

$$p_2 = \frac{2403,5}{15 \cdot 40} = 2 [MPa]$$

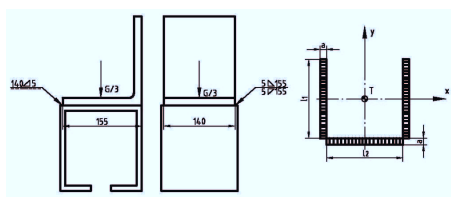
$$p_2 \leq p_D$$

$$2 [MPa] \leq 100 [MPa] \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Po obou kontrolách jak na ohyb, tak na měrný tlak můžu konstatovat, že čep vyhovuje.

8. Kontrola svaru na konzole

Tíha vrat se rozloží do tří závěsů, které jsou spojeny s konzolou svary. Na konzolu tedy působí tíha vrat $G=4807/3$ [N]. Síla působí v těžišti vrat.



Obr.8.1 Schema sklopeného nosného průřezu svaru

Legenda obr. 8.1

 $a_8 = 5 \text{ [mm]}$ $l_1 = 155 \text{ [mm]}$ $l_2 = 140 \text{ [mm]}$ $G = 4807 \text{ [N]}$

Ohybové napětí

$$\begin{aligned} \tau_{\perp}^I &= \frac{M_o}{W_o} \\ \tau_{\perp}^I &= \frac{\frac{G}{2} \cdot \frac{I_2}{2}}{2 \cdot a \cdot I_1} = \frac{4807 \cdot 140}{2 \cdot 5 \cdot 155} = 72,4 [MPa] \end{aligned} \quad (8.1)$$

$$\begin{aligned}\tau_1^* &= \frac{M_a}{W_a} \\ \tau_1^* &= \frac{G}{J_1} \cdot \frac{l_1}{2} = \frac{4807}{4481458} \cdot \frac{155}{2} = 2,1 [MPa]\end{aligned}\quad (8.2)$$

$$J_i' = J_i + S_{\text{vibr}} \cdot y^2$$

$$J_i' = \frac{l_2 \cdot a_i^3}{12} + l_2 \cdot a_i \cdot \left(\frac{l_1}{2} + \frac{a_i}{2} \right)^2 = \frac{140 \cdot 5^3}{12} + 140 \cdot 5 \cdot \left(\frac{155}{2} + \frac{5}{2} \right)^2 = 4481458 [\text{mm}^4]$$

$$e = \frac{l_1}{2} + a_i = \frac{155}{2} + 5 = 82,5 [\text{mm}]$$

Výsledné napětí ve svaru

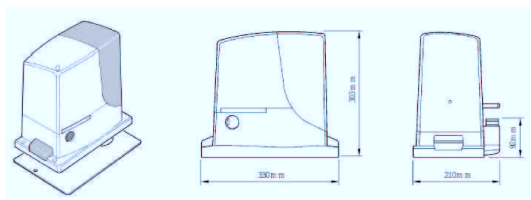
Materiál volím 11 343 s mezí kluzu $Re=180$ [MPa] [1].

Součinitel statické bezpečnosti je $k_s=1,5$ [-] dle [2].

$$\begin{aligned}\sigma_{red} &= \sqrt{\left(\frac{\tau_{\perp}^i + \tau_{\perp}^s}{k_3}\right)^2} \leq \beta \sigma_{Dv} = \beta \cdot \frac{\text{Re}}{k_s} \\ \sigma_{red} &= \sqrt{\left(\frac{72,4 + 2,1}{0,75}\right)^2} = 99,4 [\text{MPa}] \\ \beta &= 1,3 - 0,03 \cdot z = 1,3 - 0,03 \cdot \frac{5}{0,7} = 1,08 [-] \\ \beta \sigma_{Dv} &= \beta \cdot \frac{\text{Re}}{k_s} = 1,08 \cdot \frac{180}{1,5} = 129,6 [\text{MPa}] \\ \sigma_{red} &\leq \beta \sigma_{Dv} \\ 99,4 [\text{MPa}] &\leq 126,4 [\text{MPa}] \Rightarrow \text{vyhovuje}\end{aligned}\tag{8.3}$$

9. Volba pohonu vrat

Pro rychlost posuvu vrat $v = 0,3[m \cdot s^{-1}] = 18[m \cdot \min^{-1}]$, hmotnost vrat $m = 490[kg]$ a délku vrat $L = 4476 [mm]$ je zvolen pohon ROLOUS 1000P od firmy Nice (viz. Obr. 9.1) parametry pohonu jsou v tab. 9.1. V tomto případě volen typ ROBUS RB1000.



Obr. 9.1 [7]

Tab. 9.1 [7]

| | |
|----------------------------------|----------|
| RB1000 | RB1000P |
| elektromechanický | indukční |
| 12m | |
| 1000Kg | |
| 27Nm | |
| (900N) | |
| Motor 24 V DC Ø 77 mm | |
| Transformátor s toroidním jádrem | |

ROBUS je elektronický převodový motor, který uživatelé objektů používají k automatické manipulaci s posuvnými vraty. Pohonná jednotka je vybavena elektronickou řídicí jednotkou a konektorem přijímá rádiového signálu typu SMXII nebo SMXIS. V případě výpadku proudu může být pohonná jednotka spuštěna pomocí speciálního klíče, kterým se zabezpečí manuální pohyb brány. Alternativou při výpadku proudu může být zálohovací baterie [7]

10. Stanovení zatížení větru podle ČSN EN 1991-1-4

Zatížení větrem je silně závislé od umístění stavby. Primární je pro zatížení větrem výchozí rychlost větru v_b a tvar terénu v okolí stavby zařazený podle ČSN EN 1991-1-4 do kategorie 0+IV [8].

10.1 Tlak větru na konstrukce

Základní dynamický tlak větru q_b na konstrukci se stanoví ze vztahu [8]:

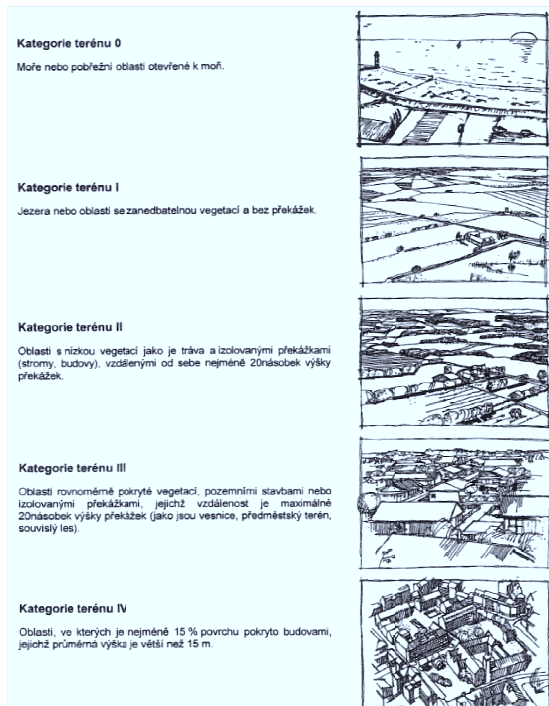
$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 27,5^2 = 472,7 [\text{MPa}] \quad (10.1)$$

Pro zjednodušené posouzení účinku zatížení větrem lze uvažovat, že základní rychlost větru v_b na území ČR je $v_b = 27,5 \text{ [m s}^{-1}\text{]}$ (na většině území je menší nebo stejná, v horských oblastech je větší) [8].

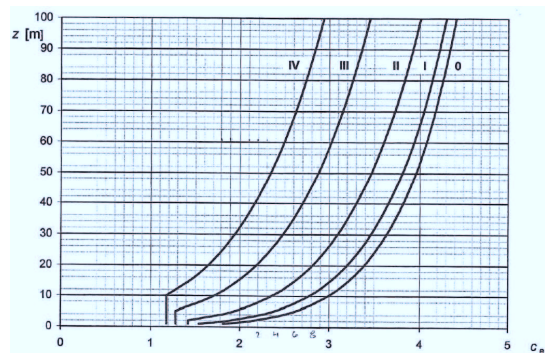
10.2 Maximální hodnota dynamického tlaku větru na konstrukci

$$q_p = c_\epsilon(z) \cdot q_b = 1,25 \cdot 472,7 = 590,9 [MPa]$$

$c_e(z)$ je součinitel expozice závislý na výšce nad terénem a kategorii terénu viz obr. 10.1 Průběh součinitele $c_e(z)$ je pro příslušné kategorie terénu uveden na obr. 10.2 [8].



Obr. 10.1 [8]



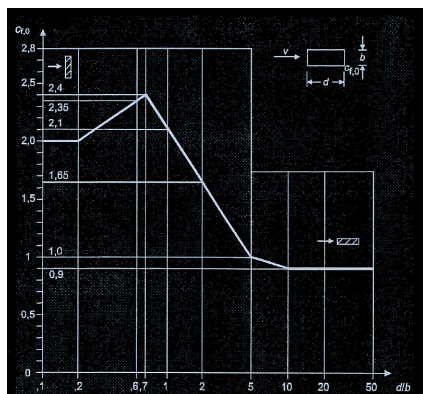
Obr. 10.2 Součinitel expozice v závislosti na výšce nad terénem a kategorií terénu [8]

10.3 Síla od větru

Síly od větru se stanoví z maximálního dynamického tlaku větru na příslušnou plochu konstrukce s využitím součinitelů vyjadřujících tvar zatěžované konstrukce.

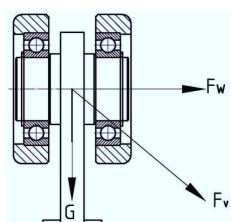
Pro zatížení osamělých prvků obdélníkového tvaru jsou definovány hodnoty součinitele síly c_f podle Obr. 10.2. Hodnota zatížení prvku se stanoví ze vztahu [8]

$$F_w = c_f \cdot q_p \cdot A_{\text{navetř}} = 2 \cdot 590,9 \cdot 12,4 = 14654 \text{ N} \quad (10.2)$$



Obr. 10.3 Součinitel síly c_f pro obdélníkové prvky v závislosti na rozměrech [8].

10.4 Výsledná zatěžující síla na jednom pojízdomém kole



Obr. 10.4 Působení sil

Legenda k obr. 10.4

$F_w = 14654 \text{ [N]}$

$G = 4807 \text{ [N]}$

$F_v = 15213 \text{ [N]}$

Výsledná síla

$$F_v = \sqrt{F_w^2 + G^2} = \sqrt{14654^2 + 4807^2} = 15213 \text{ [N]} \quad (10.3)$$

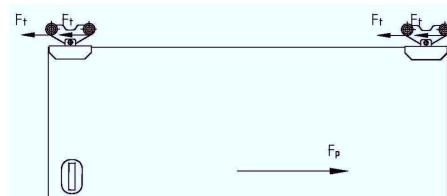
10.5 Třecí síla na jednom pojízdomém kole za vlivu větru

$$F_{t_1} = \xi \cdot \frac{F_v}{R} = 0,0005 \cdot \frac{15213}{0,06} = 127 \text{ [N]}$$

Na obr 10.5 je zřejmé, že při působení síly větru na vrata vznikají na čtyřech pojízdomých kolech třecí síly. Z tohoto důvodu třecí sílu F_{t_1} násobíme počtem kol na pojízdu.

Výsledná třecí síla za vlivu větru

$$F_{t_{1v}} = F_{t_1} \cdot 4 = 127 \cdot 4 = 508 \text{ [N]} \quad (10.4)$$



Obr. 10.5 Třecí síly na kolech

10.6 Třecí síla na jednom pojízdomém kole bez vlivu větru

$$F_{t_2} = \xi \cdot \frac{F_v}{R} = 0,0005 \cdot \frac{4807}{0,06} = 40 \text{ [N]}$$

Třecí síla bez vlivu větru na pojízdomých kolech působí taktéž na čtyři kola. Z tohoto důvodu bude výsledná třecí síla.

$$F_{t_{2v}} = F_{t_2} \cdot 4 = 40 \cdot 4 = 160 \text{ [N]} \quad (10.5)$$

10.7 Kontrola pohonu

Obě výsledné síly F_{1v} a F_{2v} , po sečtení musí splnit podmínku $F_{1v} + F_{2v} \leq F_p$, která zajišťuje dostatečnou sílu pohonu.

$$\begin{aligned} F_{1v} + F_{2v} &\leq F_p \\ 508 + 160 &\leq 900 \\ 668 &\leq 900 \Rightarrow \text{Vyhovuje} \end{aligned} \quad (10.6)$$

Ze vztahu 10.6 je jasné vidět, že zvolený pohon vyhovuje podmínce.

11. Závěr

Předmětem této bakalářské práce bylo:

1. Provést přehled možných konstrukčních řešení vrat, následně výběr varianty a odůvodnění. Přehled konstrukčních řešení vrat byl proveden pomocí [2] a zobrazeno v kapitole 2. Zdůvodnění výběru je taktéž v kapitole 2. pomocí tab. 2.1.
2. Pro zvolený typ vrat navrhnout konstrukční řešení při respektování zadaných maximálních rozměrů tzn. maximální výšce vozidla 2,8m a maximální šířce vozidla 2,48m.

Prvním krokem byl návrh konstrukce zvoleného typu vrat. Následně návrh a kontrola jednotlivých prvků vrat, která byla provedena v kapitole 3. až 10. Kontrolované byly jen ty nejdůležitější prvky vrat, tzn. pojezdové kola vrat, nosná kolejnice, čep závěsu vrat, svary na konzole a pohon vrat. Na závěr můžu konstatovat, že všechny kontrolované prvky vyhověly podmínkám a všechny požadavky této práce byly splněny.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] LEINVEBER, Jan, VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky – Pomocná učebnice pro školy technického zaměření*, Praha: Albra, 2003. ISBN 80 – 86490 – 74 – 2.
- [2] KALÁB, Květoslav. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře – částí spojovací*, Ostrava: VŠB-TUO, 2007. 91s. ISBN 978 – 80 – 248 – 1290 – 8.
- [6] FUXA, J., ADÁMKOVÁ, L. *Sbírka příkladů z pružnosti a pevnosti II. 1. část*. Ostrava, 2007. ISBN 978-80-248-1288-5. Skripta. VŠB-TU.

Internetové stránky:

- [3] Magazín podnikání. *Garážová vrata* [online]. 2011 [cit. 2012-04-15]. Dostupné z: <http://www.magazinpodnikani.cz/bydleni-a-zahrada/4/garazova-vrata.53.html>
- [4] Realt. *Garážová vrata* [online]. 2010 [cit. 2012-04-15]. Dostupné z: <http://www.realt.cz/bydleni/46-garazova-vrata>
- [5] SKF. *Elektronický katalog SKF* [online]. 2012 [cit. 2012-04-15]. Dostupné z: http://www.skf.com/portal/skf_cz/home/products?contentId=259264&lang=cs
- [7] Pohony. *Rolous* [online]. 2012 [cit. 2012-05-15]. Dostupné z: <http://www.i-pohony.cz/templates/podklady/sady%20pohonu/robust600.pdf>
- [8] Katedra betonových konstrukcí a mostů. *Zatížení větrem* [online]. 2010 [cit. 2012-05-15]. Dostupné z: http://concrete.fsv.cvut.cz/~mosty/Pomucky/Zatizeni/Zat_Vitr_EN-1991-1-4.pdf

Seznam příloh

| | | | |
|--------------|---------------------------|------------|----|
| SB3KSS01-00 | Sestavný výkres | Vrata | A0 |
| SB3KSS01-001 | Výrobní výkres (svařenec) | Závěs vrat | A4 |

Použitý software:

AUTODESK, Inc. Autodesk Inventor Professional 2011
AUTODESK, Inc. AutoCAD 2009
Microsoft office Word 2007